

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
15 novembre 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 01/86723 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

H01L 27/146

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MARTIN-BOUYER, Michel** [FR/FR]; 21, rue de la Châtaigneraie, F-73000 Barberaz (FR). **THENARD, Jean-Michel** [FR/FR]; 4, rue des Huttins, F-74160 Saint-Julien (FR). **AUBRY, Thierry** [FR/FR]; 16-18, rue du Canal, F-91165 Longjumeau (FR). **MUGNIER, Hervé** [FR/FR]; 43, place de l'Eglise, F-74350 Cruseilles (FR). **FACHINGER, Claude** [FR/FR]; 5, rue du Chardonnet, F-73000 Chambéry (FR). **TURNAR, Christophe** [FR/FR]; 125, rue d'Auvergne, Puttigny, F-73000 Chambéry (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/CH01/00295

(22) Date de dépôt international : 14 mai 2001 (14.05.2001)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

936/00

12 mai 2000 (12.05.2000)

CH

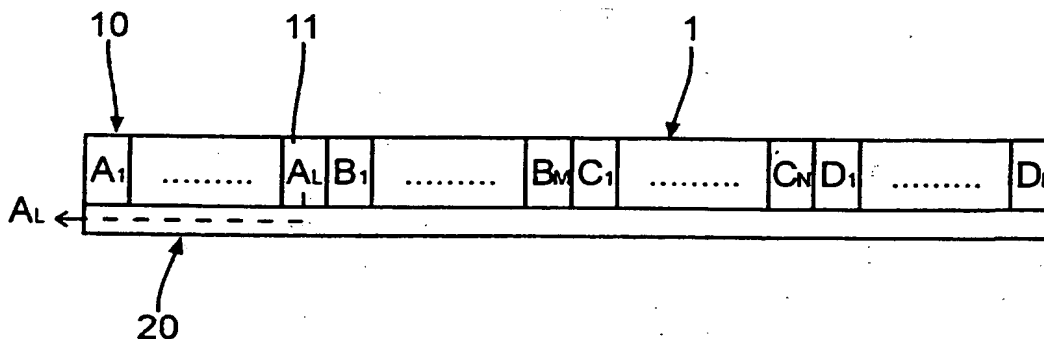
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
**EYETRONIC S.A.** [CH/CH]; 57, avenue des Casernes,  
CH-1951 Sion (CH).

(81) États désignés (national) : AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MULTIWAVELENGTH OPTICAL MICROSENSOR, DIGITAL SPECTROPHOTOMETER AND POLYCHROMATOR

(54) Titre : MICROCAPTEUR OPTIQUE MULTILONGUEURS D'ONDE, SPECTROPHOTOMETRE NUMERIQUE ET POLYCHROMATEUR



(57) Abstract: The invention concerns a multiwavelength matrix optical microsensor comprising a set of sensing elements (1) and at least one signal conditioner (20). The sensing elements (11) comprise electronic junctions produced by assembling structures, said structures comprising doped materials. The microsensor further comprises at least two sub-sets (10) of sensing elements, each of the sub-sets having a specific spectral response. The specific spectral response is obtained by modifying the machining depth of the sensing elements when the device is being manufactured.

(57) Abrégé : Le microcapteur optique matriciel multilongueurs d'onde selon l'invention comporte un ensemble d'éléments détecteurs (1) et au moins un conditionneur (20) de signal. Les éléments détecteurs (11) comportent des jonctions électroniques réalisées par assemblage de structures, ces structures comportant des matériaux dopés. Le microcapteur comporte en outre au moins deux sous-ensembles (10) d'éléments détecteurs, chacun des sous-ensembles ayant une réponse spectrale spécifique. La réponse spectrale spécifique est obtenue par modification de la profondeur d'usinage des éléments détecteurs lors de la réalisation du dispositif.

WO 01/86723 A1



SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## MICROCAPTEUR OPTIQUE MULTILONGUEURS D'ONDE, SPECTROPHOTOMETRE NUMERIQUE ET POLYCHROMATEUR

### Domaine technique

5

La présente invention concerne un microcapteur optique matriciel multilongueurs d'onde comportant un ensemble d'éléments détecteurs et au moins un conditionneur de signal, les éléments détecteurs comportant des jonctions électroniques réalisées par assemblage de structures, lesdites

10 structures comportant des matériaux dopés, le microcapteur comportant au moins deux sous-ensembles d'éléments détecteurs, chacun des sous-ensembles ayant une réponse spectrale spécifique, la réponse spectrale spécifique étant obtenue par modification des caractéristiques intrinsèques des éléments détecteurs lors de la réalisation du dispositif.

15

Elle concerne également un polychromateur et notamment un polychromateur à électronique intégrée. Elle concerne en outre un spectrophotomètre numérique correspondant. Elle a des applications dans l'analyse spectrale photonique et la détection spectrale photonique différentielle.

20

### Technique antérieure

Les détecteurs optiques classiques sont constitués d'éléments permettant de convertir un flux de photons en courant électrique et/ou en charge électrique

25 pour produire un signal. L'intensité du courant produit ou de la charge générée dépend de nombreux paramètres et principalement des caractéristiques intrinsèques de l'élément photosensible et du contenu spectral du flux lumineux. Afin de caractériser un type de détecteur ou un détecteur en particulier, on se réfère principalement à sa courbe de réponse

30 spectrale donnant sa courbe caractéristique de réponse et/ou sa sensibilité en fonction de la fréquence de la radiation lumineuse incidente.

Les détecteurs optiques à vide, du type photomultiplicateur d'électrons, ne permettent pas, en général, d'avoir une réponse uniforme entre l'ultraviolet proche (190 nanomètres) et le proche infrarouge (1,3 micromètre). Il est cependant possible de remédier à cet inconvénient et de linéariser  
5 partiellement la courbe de réponse des photomultiplicateurs d'électrons en effectuant un traitement physico-chimique de la photocathode et/ou en effectuant des corrections en aval lors du traitement du signal. Ces dispositifs sont essentiellement utilisés dans les monochromateurs à défilement mécanique.

10

Plus récemment sont apparus des détecteurs solides permettant de réaliser simplement des structures matricielles comportant une multitude d'éléments détecteurs individuels de taille réduite. Ces structures sont généralement à une dimension (ligne), ou à deux dimensions (lignes et colonnes). Le long  
15 d'une ligne et/ou d'une colonne sont répartis un ensemble d'éléments détecteurs individuels. Ces structures matricielles sont réalisées à partir d'une tranche de matériau généralement semi-conducteur. On peut citer à titre d'exemple les détecteurs du type photodiode sur silicium utilisés dans ce qu'il est convenu d'appeler les polychromateurs ou imageurs optiques. Dans ces  
20 applications, un filtrage optique est nécessaire entre la source lumineuse et le détecteur afin de sélectionner et d'améliorer la réponse spectrale des détecteurs. Ce filtrage peut être obtenu par un traitement de surface du détecteur permettant d'atténuer ou de supprimer la réponse d'un bloc d'éléments photosensibles pour certaines zones du spectre. Ce traitement de  
25 surface qui affecte généralement un bloc d'éléments détecteurs, entraîne une atténuation non négligeable dans la bande passante qui limite la dynamique du détecteur.

Un imageur optique de ce type est décrit dans la demande de brevet  
30 américain US-A-4 438 455. Cet imageur comporte trois couches sensibles chacune à une gamme de longueur d'onde différente, par exemple située

dans le vert, le rouge et le bleu. Les couches sont pratiquement transparentes aux autres longueurs d'ondes.

La demande internationale de brevet WO 99-19912 décrit un dispositif  
5 similaire au précédent, utilisant les propriétés des couches minces comme filtre.

Les détecteurs du type à transfert de charge permettent également la réalisation de structures matricielles photosensibles.

10

Le signal généré par chaque élément détecteur dans une structure matricielle doit être conditionné dans un étage électronique appelé " driver " ou conditionneur. Dans les applications courantes, la sortie du conditionneur est reliée à un circuit analogique/numérique qui peut être utilisé dans un appareil  
15 informatique pour un traitement ultérieur du signal. Des signaux de synchronisation avec le conditionneur et le convertisseur permettent de corréler une valeur mesurée à un élément détecteur particulier de la structure matricielle.

20 Ces dispositifs réalisés à partir de semi-conducteurs comportent des jonctions électroniques réalisées par assemblage de structures comportant des matériaux dopés. Le dopage permet de réaliser des structures classiquement appelées N ou P selon le dopant. On utilise classiquement le silicium comme semi-conducteur ainsi que ses oxydes comme isolant. Cependant, en fonction  
25 des caractéristiques recherchées, d'autres matériaux peuvent être utilisés et par exemple le germanium ou l'arséniure de gallium.

Ces dispositifs sont cependant complexes car les détecteurs, conditionneurs et convertisseurs analogique/numérique sont généralement des structures  
30 distinctes et séparées. En conséquence, la fréquence maximale d'utilisation est limitée par les temps de propagation et le signal est dégradé lors de la transmission entre les différents circuits. Par ailleurs, le traitement superficiel

pour la réalisation d'un filtre optique de surface ne permet pas d'obtenir des dispositifs reproductibles et réduit la sensibilité par l'atténuation qu'il apporte dans la bande passante.

- 5 Un autre inconvénient de ces détecteurs vient du fait qu'ils doivent être réalisés spécifiquement pour l'application dans laquelle ils sont prévus. En effet, chaque couche a des caractéristiques physiques définies lors de la fabrication et ne peuvent pas être modifiées. De plus, la lecture de chaque photodiode doit se faire dans un ordre imposé par le driver. Cet ordre ne peut
- 10 pas être modifié. Ceci implique qu'il n'est pas possible de modifier la réponse du capteur en fonction du signal d'entrée. Il est possible que certaines longueurs d'ondes ne soient pas détectées parce que leur intensité est trop faible par rapport à l'intensité d'autres longueurs d'ondes.

## 15 Exposé de l'invention

- La présente invention se propose de résoudre ces inconvénients et d'augmenter la précision des résultats des mesures dans un microcapteur optique constitué par un polychromateur ou un imageur de petite dimension
- 20 dans lequel est intégré le dispositif d'éléments sensibles. A cette fin, le microcapteur optique multilongueurs d'onde comporte un ensemble d'éléments détecteurs et au moins un conditionneur de signal, les éléments détecteurs comportant des jonctions électroniques réalisées par assemblage de structures comportant des matériaux dopés. Elle se propose également de
- 25 réaliser un capteur qui puisse être utilisé dans pratiquement n'importe quelle application en réalisant uniquement des modifications d'un logiciel qui gère les mesures réalisées par le capteur.

- Les buts de l'invention sont atteints par un microcapteur tel que défini en
- 30 préambule et caractérisé en ce que la modification des caractéristiques intrinsèques est obtenue par modification de la profondeur de jonction.

Selon une forme de réalisation préférée, au moins un sous-ensemble d'éléments détecteurs est constitué d'éléments détecteurs "aveugles" par masquage.

- 5 Selon un premier mode de réalisation, les éléments détecteurs d'un même sous-ensemble sont regroupés dans une même zone du microcapteur.

Selon un deuxième mode de réalisation, les éléments détecteurs de plusieurs sous-ensembles sont répartis périodiquement dans le microcapteur.

10

Selon une forme de réalisation avantageuse, le conditionneur est agencé pour permettre de choisir de façon individuelle, quels éléments détecteurs sont utilisés pour effectuer une mesure et quels éléments détecteurs ne sont pas utilisés. Il peut également être agencé pour mesurer l'intensité des

- 15 éléments détecteurs dans n'importe quel ordre, cet ordre pouvant être choisi par un utilisateur. Finalement, il peut être agencé pour déterminer individuellement la durée de mesure pour chaque élément détecteur.

- 20 Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, le conditionneur est agencé pour linéariser la réponse spectrale du microcapteur.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le microcapteur comporte en outre au moins un convertisseur analogique/numérique. Il peut en outre comporter des moyens de calcul numérique.

25

Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, le microcapteur comporte au moins deux groupes d'éléments détecteurs, les moyens de calcul étant agencés pour effectuer des opérations à partir des résultats des mesures de ces groupes d'éléments détecteurs. Ces opérations peuvent être

- 30 au moins l'une des opérations suivantes : addition, soustraction, multiplication, division, transformée de Fourier, utilisation d'une fonction aléatoire ou pseudo-aléatoire.

De façon avantageuse, les éléments détecteurs, le conditionneur et les moyens de calcul sont disposés sur un même support.

- 5 Le microcapteur comporte avantageusement un connecteur agencé pour transmettre des signaux à un dispositif de traitement de données.

Ce microcapteur peut être incorporé dans un polychromateur.

- 10 Le but de l'invention est également atteint par un polychromateur caractérisé en ce qu'il comporte un microcapteur selon la présente invention, pour former un œil électronique.

- 15 Finalement, le but de l'invention est aussi atteint par un polychromateur tel que défini précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte un microcalculateur possédant des fonctions de calculs prédéterminées discriminante pour la reconnaissance des couleurs.

- 20 Selon l'invention le microcapteur comporte au moins deux sous-ensembles d'éléments détecteurs, chacun des sous-ensembles ayant une réponse spectrale spécifique, la réponse spectrale spécifique étant obtenue par modification des caractéristiques intrinsèques des éléments détecteurs lors de la réalisation du dispositif.

- 25 Le terme " réponse spectrale spécifique " signifie que les réponses spectrales des divers sous-ensembles sont différentes les unes des autres, certaines zones spectrales spécifiques pouvant se recouvrir ou non à sensibilité égale ou non.

- 30 Dans divers modes de mise en œuvre de l'invention, les moyens suivants pouvant être utilisés seuls ou selon toutes leurs combinaisons techniques possibles, sont mis en œuvre :



- la modification des caractéristiques intrinsèques est obtenue par modification du dopage des matériaux,
- la modification des caractéristiques intrinsèques est obtenue par modification de la profondeur de jonction,
- 5 - au moins un sous-ensemble est constitué d'éléments détecteurs "aveugles" obtenus par masquage,
- le microcapteur matriciel est à une dimension,
- le microcapteur matriciel est réalisé par empilement de couches d'éléments détecteurs,
- 10 - le microcapteur matriciel est donc à trois dimensions,
- le microcapteur matriciel comporte deux sous-ensembles d'éléments détecteurs,
- le microcapteur matriciel comporte trois sous-ensembles d'éléments détecteurs,
- 15 - le microcapteur matriciel comporte plus de trois sous-ensembles d'éléments détecteurs,
- un sous-ensemble a une réponse spectrale limitée au rayonnement ultraviolet,
- la réponse spectrale limitée au rayonnement ultraviolet est comprise
- 20 - approximativement entre X et Y,
- un sous-ensemble a une réponse spectrale limitée au rayonnement visible,
- la réponse spectrale limitée au rayonnement visible est comprise
- 25 - approximativement entre X et Y,
- un sous-ensemble a une réponse limitée à l'infrarouge,
- la réponse spectrale limitée à l'infrarouge est comprise
- 30 - approximativement entre X et Y,
- un sous-ensemble a une réponse spectrale limitée au vert,
- la réponse spectrale limitée au vert est comprise approximativement
- entre X et Y,
- un sous-ensemble a une réponse spectrale limitée au rouge,

- la réponse spectrale limitée au rouge est comprise approximativement entre X et Y,
  - un sous-ensemble a une réponse spectrale limitée au bleu,
  - la réponse spectrale limitée au bleu est comprise approximativement entre X et Y,
- 5
- les éléments détecteurs d'un même sous-ensemble sont regroupés dans une même zone du microcapteur,
  - les éléments détecteurs de plusieurs sous-ensembles sont répartis dans le microcapteur,
- 10
- les éléments détecteurs de plusieurs sous-ensembles sont répartis périodiquement dans le microcapteur,
  - le microcapteur comporte en outre au moins un convertisseur analogique/numérique,
  - le microcapteur comporte en outre des moyens de calcul numérique,
- 15
- les moyens de calcul numérique sont un microprocesseur,
  - les moyens de calcul numérique sont une unité de traitement de signaux numériques (DSP),
  - le microcapteur comporte une unité de mémorisation permettant de stocker un programme de traitement du signal,
- 20
- l'unité de mémorisation comporte au moins une mémoire choisie parmi les mémoires mortes, les mémoires vives sauvegardées, les mémoires électriquement programmables effaçables ou non,
  - le microcapteur est incorporé dans un polychromateur.
- 25
- La présente invention concerne également un spectromètre numérique. Selon l'invention, le spectromètre numérique comporte un microcapteur selon l'une ou plusieurs des caractéristiques précédentes éventuellement combinées.
- Ainsi, contrairement à l'état de la technique dans lequel un filtrage est
- 30
- effectué entre la source lumineuse et le détecteur ou en surface du détecteur, la présente invention permet d'obtenir des réponses spectrales spécifiques par modification des propriétés intrinsèques et donc internes des éléments

détecteurs. Le microcapteur de l'invention permet de réaliser simplement des dispositifs de spectrophotométrie. Il peut par exemple être utilisé dans les fluorimètres, les "goûteurs" de produits alimentaires, boissons ou fruits par exemple, les réflectomètres "œil électronique" pour la reconnaissance des couleurs.

### Description sommaire des dessins

La présente invention sera mieux comprise à la lecture d'exemples de mise en œuvre et en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente une répartition de sous-ensembles d'éléments détecteurs par regroupement;
- 15 - la figure 2 représente un premier exemple de répartition périodique des sous-ensembles d'éléments détecteurs;
- la figure 3 représente un deuxième exemple de répartition périodique de sous-ensembles d'éléments détecteurs;
- 20 - la figure 4 représente un troisième exemple de répartition périodique de sous-ensembles d'éléments détecteurs;
- la figure 5 représente schématiquement un microcapteur comportant des éléments photosensibles, une disposition de conversion analogique/numérique et un moyen de calcul numérique;
- 25 - la figure 6 est une vue schématique en coupe de l'élément détecteur de la figure 1;
- 30 - la figure 7 est une vue schématique en coupe de l'élément détecteur de la figure 2;

- les figures 8 à 11 illustrent quatre modes de réalisation de microcapteurs selon l'invention.

## 5 Meilleures manières de réaliser l'invention

Sur la figure 1, un détecteur matriciel 1 à une dimension comportant une ligne d'éléments détecteurs 10 est représenté. Un conditionneur 20 permet de conditionner et de sélectionner un élément particulier, par exemple 11, du détecteur parmi l'ensemble des éléments. Le conditionneur est un circuit comportant par exemple un multiplexeur sérialiseur. Pour des raisons de simplifications, on considère ici simplement quatre,  $S = 4$ , sous-ensembles d'éléments détecteurs correspondant à un sous-ensemble "aveugle" par masquage et à trois bandes spectrales spécifiques et par exemple, l'infrarouge, le visible et l'ultraviolet. Le premier sous-ensemble comporte  $L > 0$  éléments détecteurs  $A1...AL$ . Le deuxième sous-ensemble comporte  $M > 0$  éléments détecteurs  $B1...BM$ . Le troisième sous-ensemble comporte  $N > 0$  éléments détecteurs  $C1...CN$ . Le quatrième sous-ensemble comporte  $P > 0$  éléments détecteurs  $D1...DP$ . Dans cette répartition, les éléments détecteurs d'un même sous-ensemble sont regroupés dans une même zone du microcapteur. Les éléments aveugles permettent une mesure du bruit propre du dispositif. Les éléments sont rendus "aveugles" par traitement de surface réalisant une couche ne permettant pas la transmission des ondes lumineuses.

25

Sur la figure 2, un détecteur matriciel à une dimension comportant une ligne d'éléments détecteurs est représenté. Pour des raisons de simplifications, on considère ici simplement trois sous-ensembles,  $S=3$ , d'éléments détecteurs correspondant à trois bandes spectrales spécifiques et par exemple rouge, bleu, vert. La répartition est périodique et pour chaque période élémentaire, un seul,  $n=1$ , élément détecteur par sous-ensemble est réalisé. Le nombre d'éléments par période est donc de  $n \times S = 3$ .

30

La figure 3 représente un détecteur matriciel à une dimension comportant une ligne d'éléments détecteurs. Pour des raisons de simplifications, on considère ici simplement trois sous-ensembles,  $S=3$ , d'éléments détecteurs correspondant à trois bandes spectrales spécifiques et par exemple rouge, bleu, vert. La répartition est périodique et pour chaque période,  $i > 0$  éléments détecteurs du premier sous-ensemble A,  $j > 0$  éléments détecteurs du deuxième sous-ensemble B,  $k > 0$  éléments détecteurs du troisième sous-ensemble C, sont réalisés. Le nombre d'éléments par période est donc de  $i+j+k$ . Les valeurs de  $i, j, k$  peuvent être quelconques les unes relativement aux autres, mais dans un mode préféré de réalisation on prendra  $i=j=k$ . Cependant dans le cas où la sensibilité des éléments détecteurs d'un premier sous ensemble est plus faible que celle d'un autre sous-ensemble, il est envisagé d'augmenter le nombre d'éléments pour ce premier sous ensemble dans la période.

Dans le cas d'un microcapteur comportant plusieurs lignes en parallèles et formant donc une matrice ligne x colonne, les dispositions précédentes pourront être combinées selon toutes les possibilités techniquement possibles. Dans un mode préféré de réalisation, toutes les lignes d'un microcapteur ligne colonne ont la même répartition des sous-ensembles. Il est cependant envisagé de décaler cycliquement d'une ligne à la suivante les sous-ensembles comme représenté par la figure 4, où le conditionneur ligne x colonne permet de sélectionner l'élément.

La figure 5 représente schématiquement un microcapteur 1 comportant un convertisseur analogique/numérique 30 et un moyen de calcul numérique 40. Les ordres de commande et les résultats des calculs sont échangés sur une interface 41. Le microcapteur comporte son conditionneur 20 qui permet de sélectionner dans la matrice ligne x colonne 13 de l'ensemble des éléments détecteurs, un élément  $10 C_{i,j}$ . L'interface est reliée à un ordinateur, micro-

ordinateur ou à tout autre dispositif de visualisation. Il est cependant envisagé qu'un moyen de liaison type réseau ou modem soit interposé.

La figure 6 illustre de façon schématique le dispositif de la figure 1. Celui-ci  
5 comporte un support 50 en un matériau semi-conducteur tel que le silicium. Les éléments détecteurs 10, qui sont des photodiodes, sont formés par des trous dans le support. Ces trous ont sensiblement la forme de parallélépipèdes rectangles. La surface de ces trous, c'est-à-dire le produit de leur longueur par leur largeur détermine la sensibilité de la photodiode. La  
10 profondeur détermine la gamme de longueur d'onde à laquelle la photodiode sera sensible.

Ces trous sont réalisés selon différents procédés bien connus de l'homme du métier, notamment par usinage.

15 Dans l'exemple illustré par la figure 6, un groupe de photodiode D1-DL est sensible à une gamme de longueur d'onde par exemple située dans l'infrarouge. Les photodiodes B1-BL sont sensibles à la lumière visible et les diodes A1-AL sont sensibles aux ultraviolets.

20 Dans l'exemple illustré par la figure 7, les éléments détecteurs 10 sont répartis de façon similaire à la répartition de la figure 2.

La figure 8 illustre un mode de réalisation dans lequel le support 50 comporte  
25 un groupe d'éléments détecteurs 10 réalisés sous la forme d'une barrette 51 de photodiodes et un conditionneur 20.

Comme cela est expliqué en référence à la figure 4, le conditionneur 20 peut adresser n'importe quelle photodiode de la barrette 51, dans n'importe quel  
30 ordre. Ceci est particulièrement important pour différentes raisons. D'une part cela permet de sélectionner, parmi toutes les photodiodes disponibles, celles qui sont sensibles aux longueurs d'ondes que l'on souhaite détecter. Ceci

permet d'utiliser un même détecteur pour pratiquement n'importe quelle application, que les longueurs d'ondes recherchées soient dans l'ultraviolet, dans l'infrarouge ou dans n'importe quelle fréquence.

- 5 Cela permet également de sélectionner, dans un spectre lumineux, la plage de fréquence dans laquelle une détection est souhaitée, les photodiodes sensibles aux autres longueurs d'ondes n'étant pas activées.

- 10 D'autre part, pour chaque photodiode, il est possible d'effectuer une mesure pendant un temps déterminé de façon individuelle. Ceci permet de traiter le signal dans le détecteur afin d'augmenter l'intensité de la réponse dans les zones de spectre ayant une faible intensité d'émission et de diminuer la réponse dans les zones à forte intensité d'émission. Ceci permet de linéariser le signal et d'optimiser ainsi la sensibilité du microcapteur.

15

- La figure 9 illustre un mode de réalisation d'un capteur contenant deux barrettes 51 de photodiodes associées au conditionneur 20. L'existence des deux barrettes permet d'effectuer des mesures différentielles. Ceci trouve notamment une application lors de l'analyse d'un faisceau réfléchi sur un réseau. La réflexion crée des harmoniques qui s'ajoutent au signal d'origine et faussent la mesure. En effectuant une mesure différentielle entre le faisceau directe reçu par l'une des barrettes de photodiode et le faisceau réfléchi sur l'autre barrette de photodiode, il est possible d'éliminer les harmoniques du deuxième ordre. Ceci permet d'augmenter de façon sensible le taux de
- 20
- 25 réjection du capteur.

- La figure 10 illustre un mode de réalisation dans lequel le support 50 contenant les deux barrettes 51 de photodiode contient également un convertisseur analogique/numérique 30. Ceci permet de connecter le support,
- 30 par l'intermédiaire d'un connecteur approprié, à un ordinateur tel qu'un ordinateur qui permet de traiter les signaux analysés. L'intégration de

différents composants permet une mise en œuvre particulièrement simple du dispositif.

La figure 11 illustre une variante de réalisation dans laquelle le support  
5 contient en outre un moyen de calcul 40. Celui-ci permet d'effectuer un certain nombre d'opérations sur les signaux provenant des deux barrettes 51 de photodiode. Ces opérations sont en particulier l'addition, la soustraction, la division et la multiplication. Elles peuvent également être une transformée de Fourier ou une fonction aléatoire ou pseudo aléatoire. Ceci est  
10 particulièrement intéressant parce qu'une telle fonction permet un cryptage optique extrêmement difficile à décoder. Le décodage peut être effectué au moyen d'une clé qui peut être contenue dans un seul capteur, ou dans plusieurs, ce qui permet de décoder des images transmises par exemple sous forme de fichier électronique.

15 Les exemples donnés sont simplement illustratifs et non limitatifs. Au lieu d'une seule dimension, ligne, et de trois ou quatre sous ensembles, un dispositif à deux dimensions ligne x colonne et deux ou plus de quatre sous ensembles peuvent être réalisés. Le photon ultraviolet plus énergétique est  
20 absorbé par les trous les plus profonds et le photon infrarouge moins énergétique par les trous les moins profonds, produisant la même réponse dans l'élément sensible faisant l'objet de cette invention qu'un détecteur à trois dimensions.

25 Il est aussi envisagé que la modification des caractéristiques intrinsèques des différents détecteurs soit sensiblement régulière le long d'une ligne ou ligne x colonne afin d'obtenir un dispositif permettant d'obtenir une résolution spectrale plus fine. Par exemple, lors de la modification des caractéristiques intrinsèques par action sur le dopage, le taux de dopant peut varier  
30 linéairement ou selon une autre courbe, le long du dispositif et par exemple en inclinant la tranche de silicium par rapport à une source projetant un dopant. Dans le cas où les réponses spectrales se chevauchent partiellement,



- un traitement ultérieur du signal permet d'éliminer de proche en proche les zones de chevauchement des bandes et d'obtenir des valeurs selon la résolution spectrale fine. Par exemple si un premier sous ensemble est sensible entre 400 nm et 600 nm, un second entre 400 nm et 500 nm, le
- 5 traitement différentiel des deux signaux permet d'obtenir une valeur corrigée pour la bande comprise entre 500 nm et 600 nm.

## REVENDEICATIONS

1. Microcapteur optique matriciel multilongueurs d'onde comportant un ensemble d'éléments détecteurs (1) et au moins un conditionneur (20) de signal, les éléments détecteurs (11) comportant des jonctions électroniques réalisées par assemblage de structures, lesdites structures comportant des matériaux dopés, le microcapteur comportant au moins deux sous-ensembles (10) d'éléments détecteurs, chacun des sous-ensembles ayant une réponse spectrale spécifique, la réponse spectrale spécifique étant obtenue par modification des caractéristiques intrinsèques des éléments détecteurs lors de la réalisation du dispositif, caractérisé en ce que la modification des caractéristiques intrinsèques est obtenue par modification de la profondeur de jonction.
2. Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins un sous-ensemble (10) est constitué d'éléments détecteurs "aveugles" par masquage.
3. Microcapteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments détecteurs (11) d'un même sous-ensemble sont regroupés dans une même zone du microcapteur (1).
4. Microcapteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments détecteurs (11) de plusieurs sous-ensembles (10) sont répartis périodiquement dans le microcapteur (1).
5. Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conditionneur (20) est agencé pour permettre de choisir de façon individuelle, quels éléments détecteurs (11) sont utilisés pour effectuer une mesure et quels éléments détecteurs (11) ne sont pas utilisés.

6. Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conditionneur (20) est agencé pour mesurer l'intensité reçue par les éléments détecteurs (11) dans n'importe quel ordre, et en ce que cet ordre peut être choisi par un utilisateur.

5

7. Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conditionneur (20) est agencé pour déterminer individuellement la durée de mesure pour chaque élément détecteur (11).

10 8. Microcapteur selon les revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le conditionneur (20) est agencé pour linéariser sa réponse spectrale.

15 9. Microcapteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un convertisseur analogique/numérique (30).

10. Microcapteur selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul numérique (40).

20 11. Microcapteur selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux groupes (51) d'éléments détecteurs et en ce que les moyens de calcul (40) sont agencés pour effectuer des opérations à partir des résultats des mesures de ces groupes (51) d'éléments détecteurs.

25 12. Microcapteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdites opérations sont au moins l'une des opérations suivantes: addition, soustraction, multiplication, division, transformée de Fourier, utilisation d'une fonction aléatoire ou pseudo-aléatoire.

30 13. Microcapteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que les éléments détecteurs (11), le conditionneur (20) et les moyens de calcul (40) sont disposés sur un même support (50).

14. Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un connecteur agencé pour transmettre des signaux à un dispositif de traitement de données.

5

15. Microcapteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est incorporé dans un polychromateur.

10 16. Polychromateur caractérisé en ce qu'il comporte un microcapteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour former un œil électronique.

15 17. Polychromateur à électronique intégrée caractérisé en ce qu'il comporte un microcalculateur possédant des fonctions de calculs prédéterminées discriminante pour la reconnaissance des couleurs.



2/2

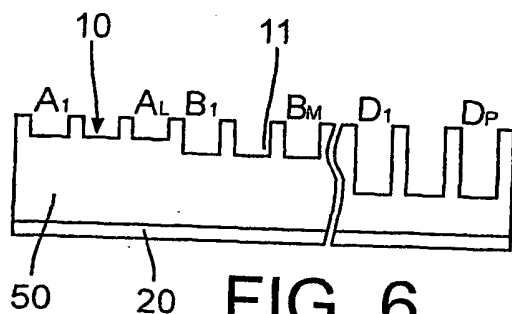


FIG. 6

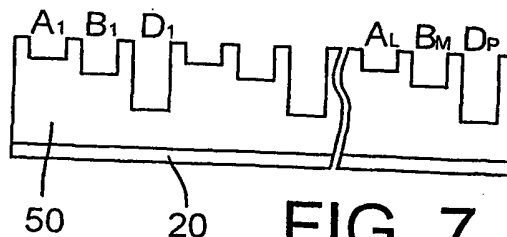


FIG. 7

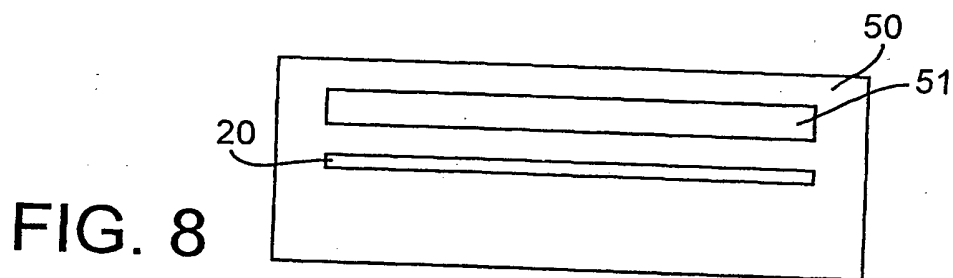


FIG. 8

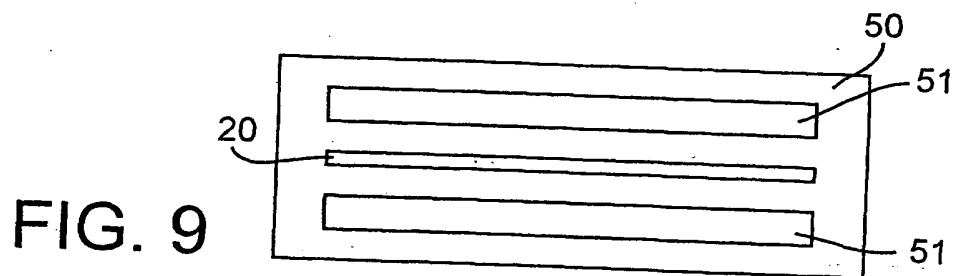


FIG. 9



FIG. 10

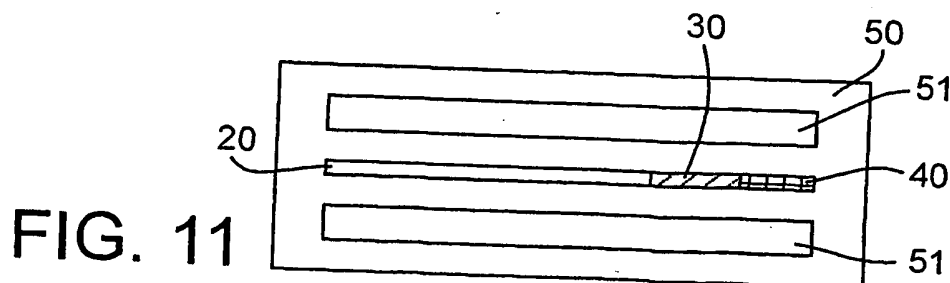


FIG. 11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

/CH 01/00295

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L27/146

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 617 753 A (KATO TAKETOSHI ET AL) 2 November 1971 (1971-11-02)	1,3,4
Y	column 1, line 69 -column 4, line 59 figures 2-5,7,8	2,5-16
Y	EP 0 788 277 A (STERLING DIAGNOSTIC IMAGING) 6 August 1997 (1997-08-06) column 7, line 14 - line 19 column 9, line 27 - line 57	2
Y	DE 37 44 128 A (HEERING W PROF DR ;BRANDENBUSCH M DIPL PHYS (DE)) 13 July 1989 (1989-07-13) the whole document	5,6
	---	
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*S\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 September 2001

Date of mailing of the international search report

24/09/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacquin, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/CH 01/00295

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 913 869 A (EASTMAN KODAK CO) 6 May 1999 (1999-05-06) column 2, line 12 - line 29 column 6, line 28 - line 57	7
Y	WO 97 24728 A (ROLLENDER MATTHEW ;HIRT RAY (US); INTEL CORP (US)) 10 July 1997 (1997-07-10) page 6, line 14 -page 12, line 33	8-13
X	EP 0 527 563 A (XEROX CORP) 17 February 1993 (1993-02-17)	17
Y	column 4, line 23 -column 5, line 2	14-16
A	figures 1,2	9-13
X	US 4 791 396 A (NISHIZAWA JUN-ICHI ET AL) 13 December 1988 (1988-12-13) column 3, line 20 - line 57 column 6, line 42 -column 8, line 17	1
A	US 4 438 455 A (Tabei MASATOSHI) 20 March 1984 (1984-03-20) column 1, line 35 -column 2, line 4 column 3, line 23 -column 4, line 50 column 5, line 61 -column 8, line 64 figures 2-5	1-17
A	WO 99 19912 A (CALIFORNIA INST OF TECHN) 22 April 1999 (1999-04-22) page 4, line 2 -page 5, line 27 page 10, line 23 -page 11, line 20 page 17, line 23 -page 20, line 23 figures 5,6	1-17



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 01/00295

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3617753	A	02-11-1971	NONE	
EP 0788277	A	06-08-1997	US 5648660 A JP 9197053 A	15-07-1997 31-07-1997
DE 3744128	A	13-07-1989	NONE	
EP 0913869	A	06-05-1999	JP 11224941 A	17-08-1999
WO 9724728	A	10-07-1997	AU 1689897 A US 5883830 A	28-07-1997 16-03-1999
EP 0527563	A	17-02-1993	US 5119183 A JP 5207224 A	02-06-1992 13-08-1993
US 4791396	A	13-12-1988	JP 1752574 C JP 4030750 B JP 60143668 A DE 3485308 D EP 0166787 A WO 8503166 A	08-04-1993 22-05-1992 29-07-1985 09-01-1992 08-01-1986 18-07-1985
US 4438455	A	20-03-1984	JP 60137059 A JP 1482111 C JP 58103165 A JP 63029415 B	20-07-1985 27-02-1989 20-06-1983 14-06-1988
WO 9919912	A	22-04-1999	AU 1090699 A EP 1040522 A US 6184538 B	03-05-1999 04-10-2000 06-02-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No

PCT/CH 01/00295

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H01L27/146

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H01L H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 3 617 753 A (KATO TAKETOSHI ET AL) 2 novembre 1971 (1971-11-02)	1, 3, 4
Y	colonne 1, ligne 69 - colonne 4, ligne 59 figures 2-5, 7, 8	2, 5-16
Y	EP 0 788 277 A (STERLING DIAGNOSTIC IMAGING) 6 août 1997 (1997-08-06) colonne 7, ligne 14 - ligne 19 colonne 9, ligne 27 - ligne 57	2
Y	DE 37 44 128 A (HEERING W PROF DR ;BRANDENBUSCH M DIPL PHYS (DE)) 13 juillet 1989 (1989-07-13) le document en entier	5, 6
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 septembre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24/09/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jacquin, J

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No

PCT/CH 01/00295

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 0 913 869 A (EASTMAN KODAK CO) 6 mai 1999 (1999-05-06) colonne 2, ligne 12 - ligne 29 colonne 6, ligne 28 - ligne 57	7
Y	WO 97 24728 A (ROLLENDER MATTHEW ; HIRT RAY (US); INTEL CORP (US)) 10 juillet 1997 (1997-07-10) page 6, ligne 14 - page 12, ligne 33	8-13
X	EP 0 527 563 A (XEROX CORP) 17 février 1993 (1993-02-17)	17
Y	colonne 4, ligne 23 - colonne 5, ligne 2	14-16
A	figures 1,2	9-13
X	US 4 791 396 A (NISHIZAWA JUN-ICHI ET AL) 13 décembre 1988 (1988-12-13) colonne 3, ligne 20 - ligne 57 colonne 6, ligne 42 - colonne 8, ligne 17	1
A	US 4 438 455 A (Tabei MASATOSHI) 20 mars 1984 (1984-03-20) colonne 1, ligne 35 - colonne 2, ligne 4 colonne 3, ligne 23 - colonne 4, ligne 50 colonne 5, ligne 61 - colonne 8, ligne 64 figures 2-5	1-17
A	WO 99 19912 A (CALIFORNIA INST OF TECHN) 22 avril 1999 (1999-04-22) page 4, ligne 2 - page 5, ligne 27 page 10, ligne 23 - page 11, ligne 20 page 17, ligne 23 - page 20, ligne 23 figures 5,6	1-17

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Recherche internationale No

/CH 01/00295

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3617753	A	02-11-1971	AUCUN	
EP 0788277	A	06-08-1997	US 5648660 A JP 9197053 A	15-07-1997 31-07-1997
DE 3744128	A	13-07-1989	AUCUN	
EP 0913869	A	06-05-1999	JP 11224941 A	17-08-1999
WO 9724728	A	10-07-1997	AU 1689897 A US 5883830 A	28-07-1997 16-03-1999
EP 0527563	A	17-02-1993	US 5119183 A JP 5207224 A	02-06-1992 13-08-1993
US 4791396	A	13-12-1988	JP 1752574 C JP 4030750 B JP 60143668 A DE 3485308 D EP 0166787 A WO 8503166 A	08-04-1993 22-05-1992 29-07-1985 09-01-1992 08-01-1986 18-07-1985
US 4438455	A	20-03-1984	JP 60137059 A JP 1482111 C JP 58103165 A JP 63029415 B	20-07-1985 27-02-1989 20-06-1983 14-06-1988
WO 9919912	A	22-04-1999	AU 1090699 A EP 1040522 A US 6184538 B	03-05-1999 04-10-2000 06-02-2001